

# Risonanze acustiche nei mobili dei diffusori hi-fi

Posted By Redazione on Ott 8, 2017

Quando vengono emesse onde acustiche all'interno di un volume chiuso da pareti sufficientemente rigide e pesanti, ove non sia presente assorbente acustico in quantità adeguata, queste vengono riflesse più volte da tutte le superfici interne e si assiste al verificarsi del fenomeno delle onde stazionarie. Questo fenomeno riguarda le onde che abbiano una lunghezza tale da far sì che le loro riflessioni successive fra due pareti affacciate siano costantemente in fase e si sommino determinando dei ventri e dei nodi in posizione fissa (stazionaria) lungo la loro direzione di propagazione. Per rendere più facilmente comprensibile tale fenomeno ecco in **Figura 1** la situazione che si verifica quando la distanza fra le due pareti coinvolte (in questo caso le due estremità di un tubo cilindrico chiuso ad entrambe) è esattamente uguale alla lunghezza d'onda del suono presente.

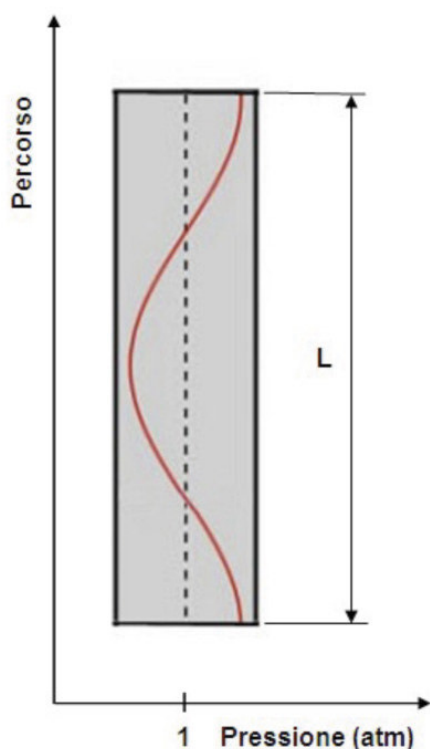


Figura 1 – Prima onda stazionaria in un tubo chiuso ad entrambe le estremità.

La frequenza della risonanza è pari a:

$$F_2 = 2 \cdot 344 / (2 \cdot L)$$

con L distanza fra i due estremi del tubo, laddove lo spostamento delle molecole d'aria è pari a zero e la sovrappressione del suono rispetto alla pressione atmosferica è massima (ventre), mentre al

centro del tubo stesso la differenza con la pressione statica è negativa e per  $L/4$  e  $3L/4$  è uguale a zero (nodo).

Ma la frequenza appena vista non è l'unica alla quale possa instaurarsi una onda stazionaria all'interno di un volume chiuso.

Lungo la stessa dimensione, la condizione per cui si verifica la nascita di un'onda stazionaria si ripresenta infatti per ogni frequenza la cui lunghezza d'onda sia pari ad un numero intero di mezze lunghezze d'onda, ovvero  $F_n = n \cdot 344 / (2 \cdot L)$

con  $n=1, 2, 3, 4, 5 \dots$

la prima e più deleteria delle quali è la  $F_1 = 1 \cdot 344 / (2 \cdot L)$ .

Nel caso invece che il volume di cui trattasi sia chiuso ad una estremità ma aperto all'altra, configurazione tipica di molti strumenti musicali (**Fig. 2**), le onde stazionarie si instaureranno alle frequenze tali che la lunghezza d'onda sia pari ad un numero dispari di quarti di lunghezze d'onda, ovvero  $F_n = n \cdot 344 / (4 \cdot L)$

con  $n=1, 3, 5, 7, 9 \dots$

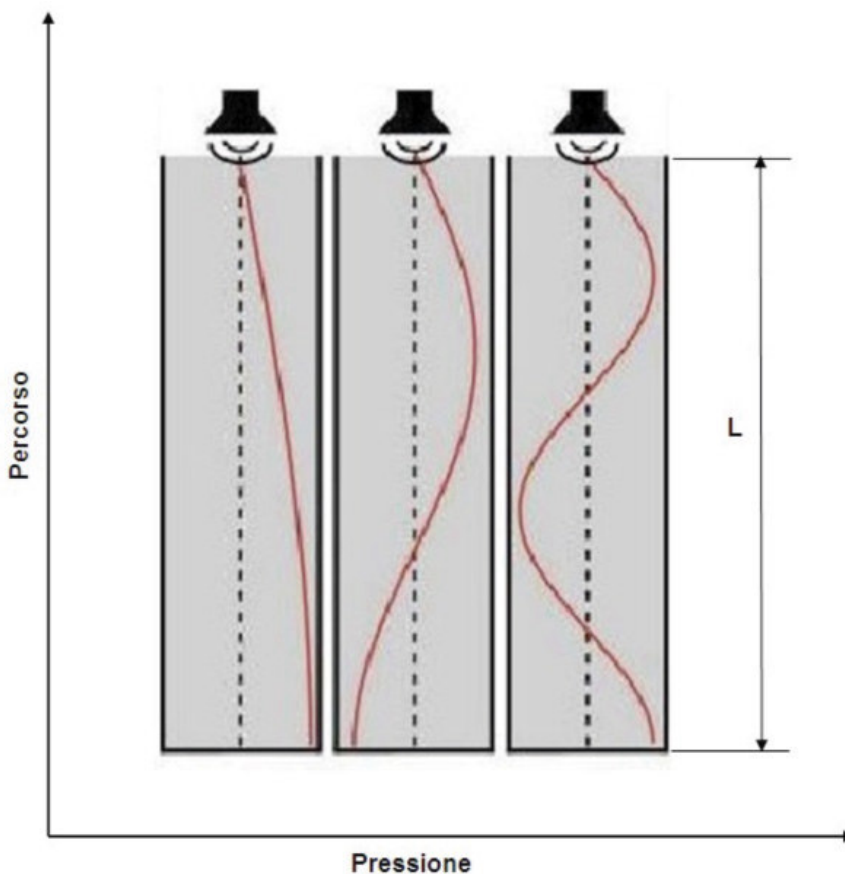


Figura 2 – Prima, seconda e terza onda stazionaria in un tubo chiuso ad una sola estremità.

Inoltre, se il nostro volume non fosse un tubo cilindrico, ma una colonna parallelepipedica, le risonanze si potrebbero manifestare non solo in relazione ai due pannelli più distanti, ma anche alle altre superfici affacciate, che essendo più vicine coinvolgerebbero frequenze più alte.

Per mostrarvi con metodo galileiano, ovvero con esperimenti pratici e misure oggettive, cosa

succede entro un volume di un diffusore acustico avente una forma a colonna piuttosto pronunciata e totalmente privo di assorbente acustico, io e Marco ci siamo trasformati in falegnami misuroni per un paio di giorni. Ed ecco i risultati del nostro lavoro.

La prima situazione che abbiamo voluto controllare riguarda una cassa parallelepipedica completamente vuota, con un altoparlante montato su uno dei pannelli in una posizione che potrebbe essere considerata abbastanza normale, per diffusori hi-fi di quella forma.

Ecco in **Figura 3** un disegno di ciò che abbiamo costruito.

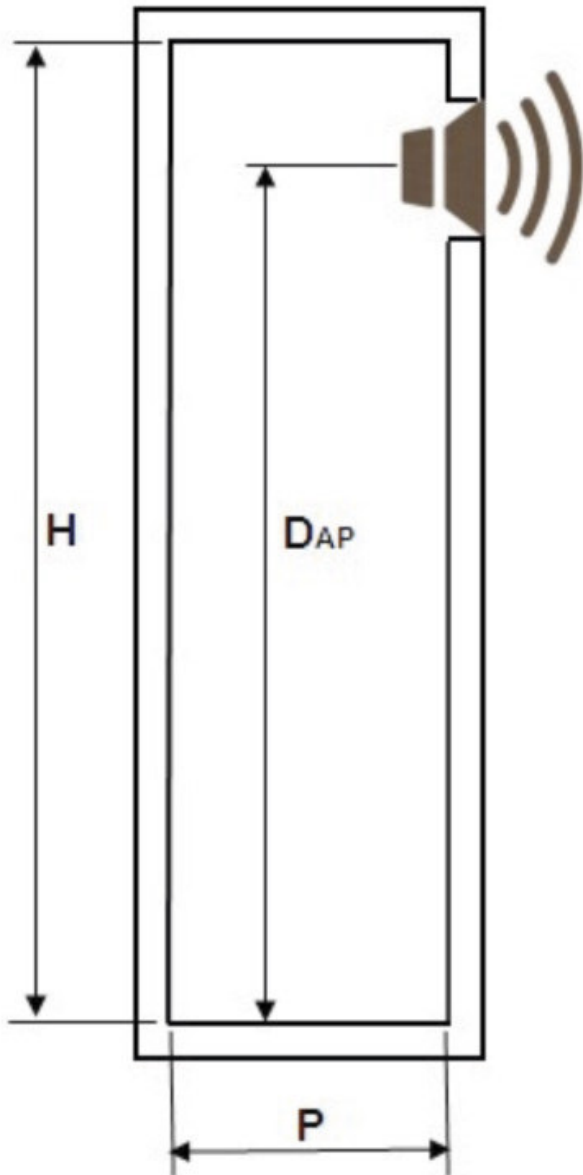


Figura 3 – Mobile parallelepipedo “a colonna” (disegno non in scala).

Le dimensioni esterne prescelte erano di 23x24x95 cm.

Che con uno spessore di 18 mm delle tavole di abete impiegate hanno determinato una altezza interna  $H=91,4$  cm, una profondità interna  $P=24,0$  cm ed una larghezza interna  $L=19,4$  cm.

La distanza  $D_{AP}$  era invece di 80,2 cm.

Le misure elettroacustiche relative a questo volume sono riportate in **Figura 4** e **Figura 5**.

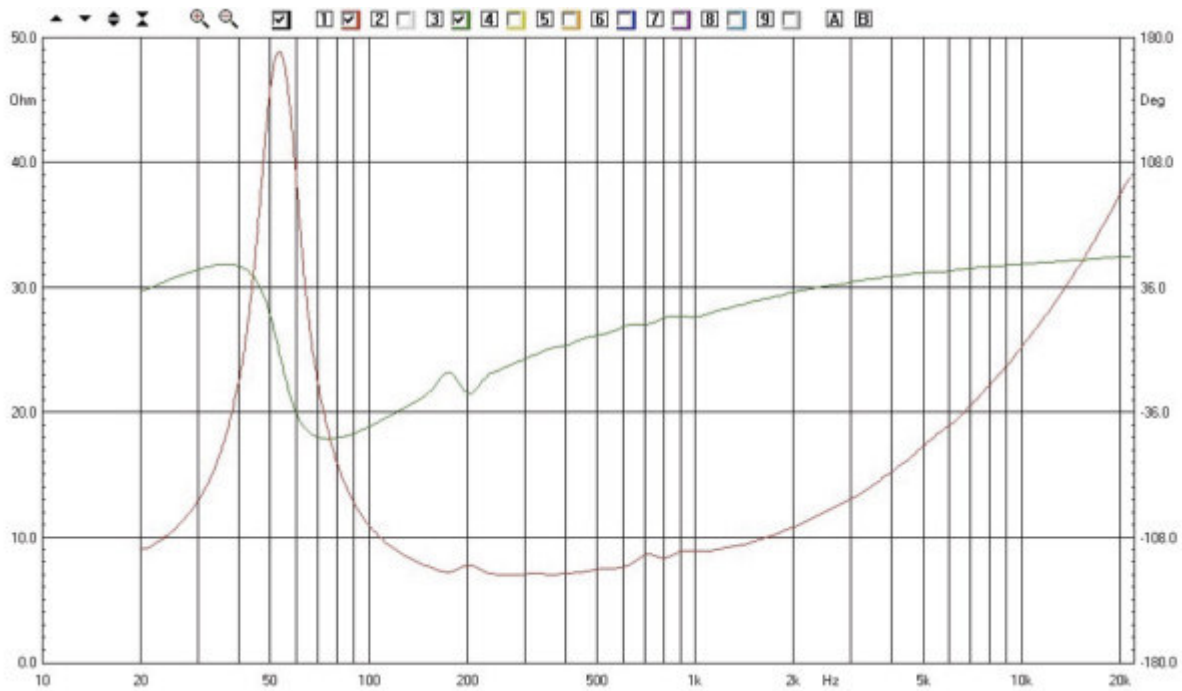


Figura 4 – Impedenza dell’altoparlante impiegato montato nella cassa vuota di Figura 3. Modulo: curva rossa. Argomento: curva verde.

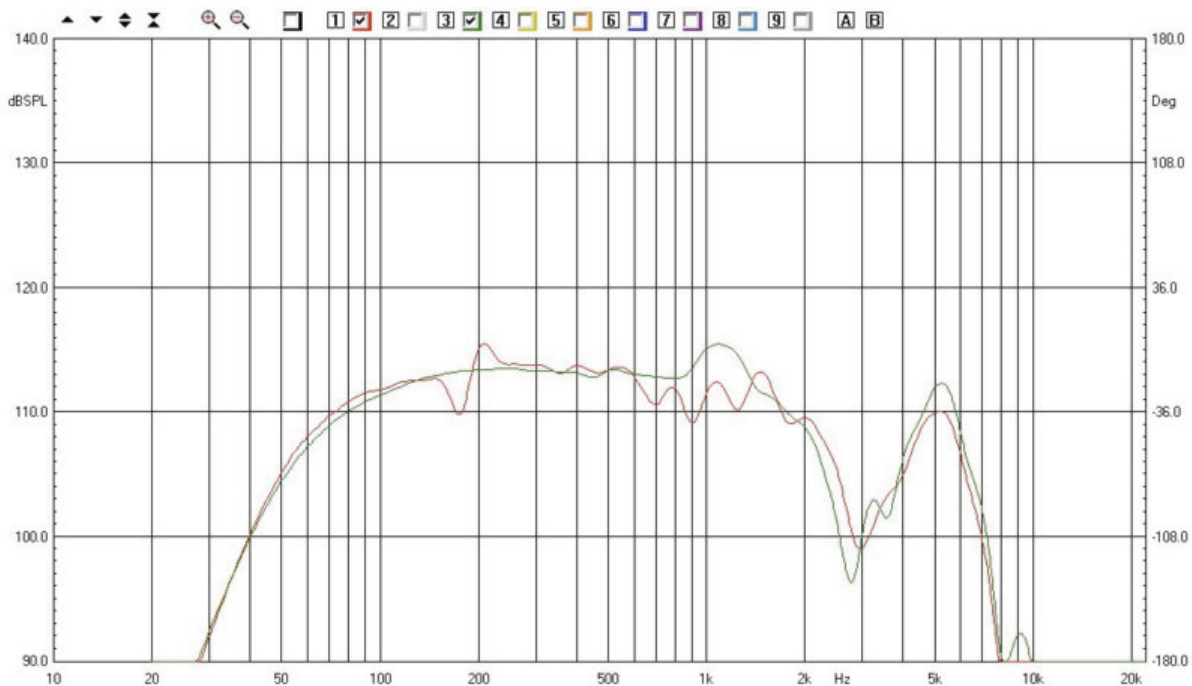


Figura 5 – Risposta in campo vicino dell’altoparlante impiegato montato nella cassa vuota di Figura 3 (curva rossa) a confronto con la risposta in campo vicino esibita dallo stesso altoparlante totalmente privo di qualsiasi carico acustico (curva verde).

A parte le ondulazioni che si evidenziano sulla curva rossa dai 500 Hz in su, attribuibili a stazionarie fra la pareti più vicine e sicuramente smorzabili abbastanza facilmente anche disponendo internamente una piccola quantità di assorbente acustico, la frequenza alla quale si presenta il massimo della pressione della prima e più importante risonanza (ricordiamoci che in questo caso si tratta di una stazionaria sulla mezza lunghezza d’onda – Fig. 1) è di circa 200 Hz.

L'altezza interna della nostra colonna è di 91,4 cm e su tale dimensione la prima stazionaria dovrebbe nascere ad  $F=344/(2*0,914)=188,2$  Hz. In effetti questa frequenza non è molto lontana da quella rilevata, ma supponendo che in realtà la stazionaria non si instauri fra il pannello inferiore e quello superiore della cassa ma risenta della presenza dell'altoparlante sul suo cammino e si stabilizzi quindi fra il fondo e la posizione equidistante dall'altoparlante e dal pannello superiore, ovvero su una altezza di  $(91,4+80,2)/2=85,8$  cm, la nostra formula ci fornirebbe un valore esattamente coincidente con quanto misurato:  $F=344/(2*0,858)=200,47$  Hz.

A questo punto abbiamo disposto all'interno della cassa una tavola obliqua come appare nella **Figura 6**. Tavola che secondo alcuni avrebbe potuto eliminare gran parte delle risonanze interne.

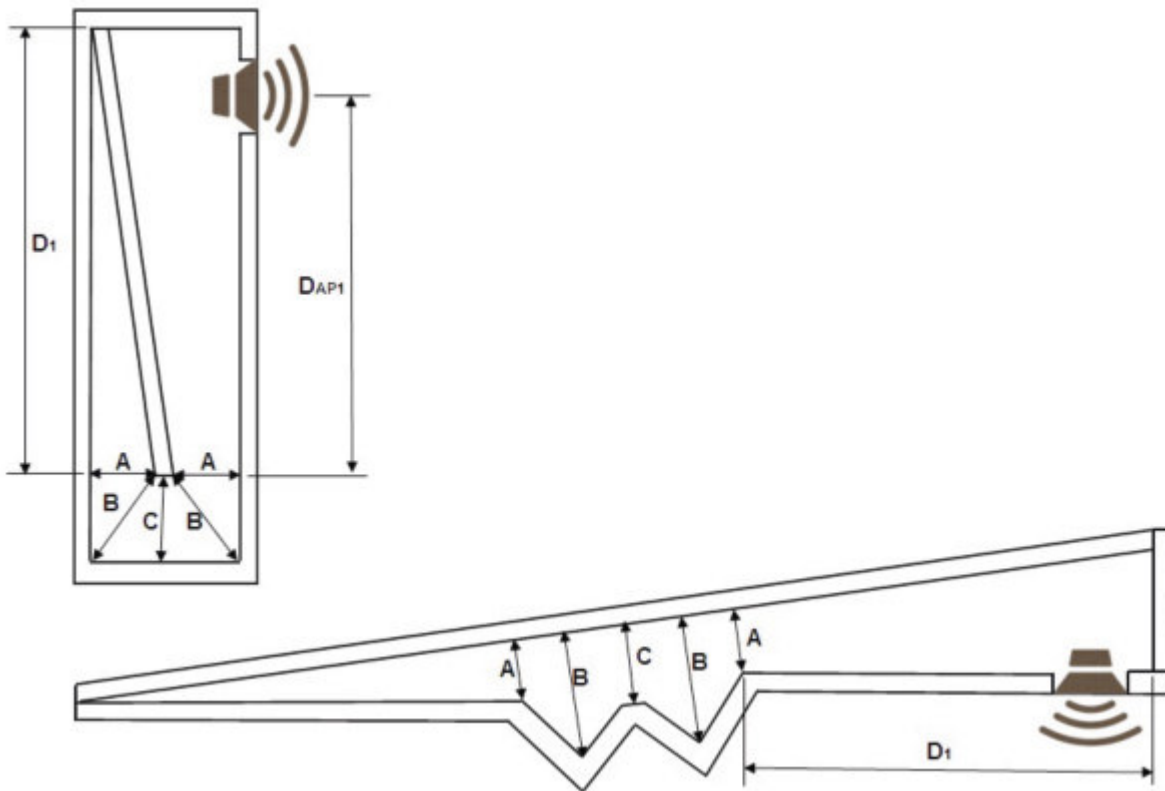


Figura 6 – Seconda configurazione sperimentale e sviluppo lineare della stessa (disegno non in scala).

Dove (Fig. 6):

$D1=75,4$  cm  
 $DAP1=64,2$  cm  
 $A=11$  cm  
 $B=19,4$  cm  
 $C=16$  cm

Il problema che è sorto con questa soluzione però è quello che, come evidenziato nello sviluppo in basso nella stessa **Figura 6**, la sezione del condotto presenta una prima discontinuità abbastanza importante già alla distanza  $D1$  dal top della cassa, tale da far nascere di fatto una stazionaria che compare in questo caso alla prima frequenza tipica di un condotto aperto ad una estremità.

Che può essere calcolata con la:

$$F1=344/((D1+DAP1)/2*4)=344/((0,698*4)=123 \text{ Hz.}$$

Valore non molto distante da quello mostrato dal grafico di **Figura 7**.

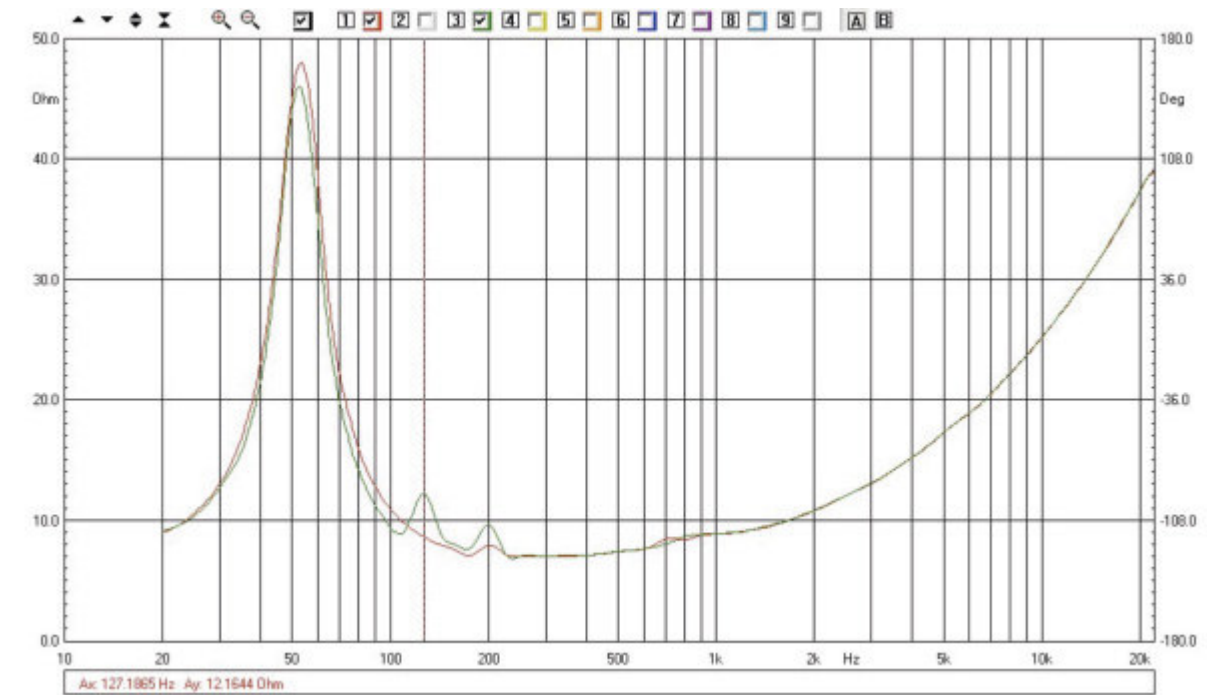


Figura 7 – Curva rossa: configurazione di Figura 3. Curva verde: configurazione di Figura 6, nella quale si nota la contemporanea presenza sia di una stazionaria a 200 Hz che di una a 127 Hz.

Procedendo quindi con la parte pratica di questa sessione di misure abbiamo allungato la tavola inclinata di 4 cm e aggiunto due tavolette a 45° negli angoli tali da diminuire l'entità delle discontinuità della sezione presenti nella versione precedente, giungendo alla configurazione di **Figura 8**.

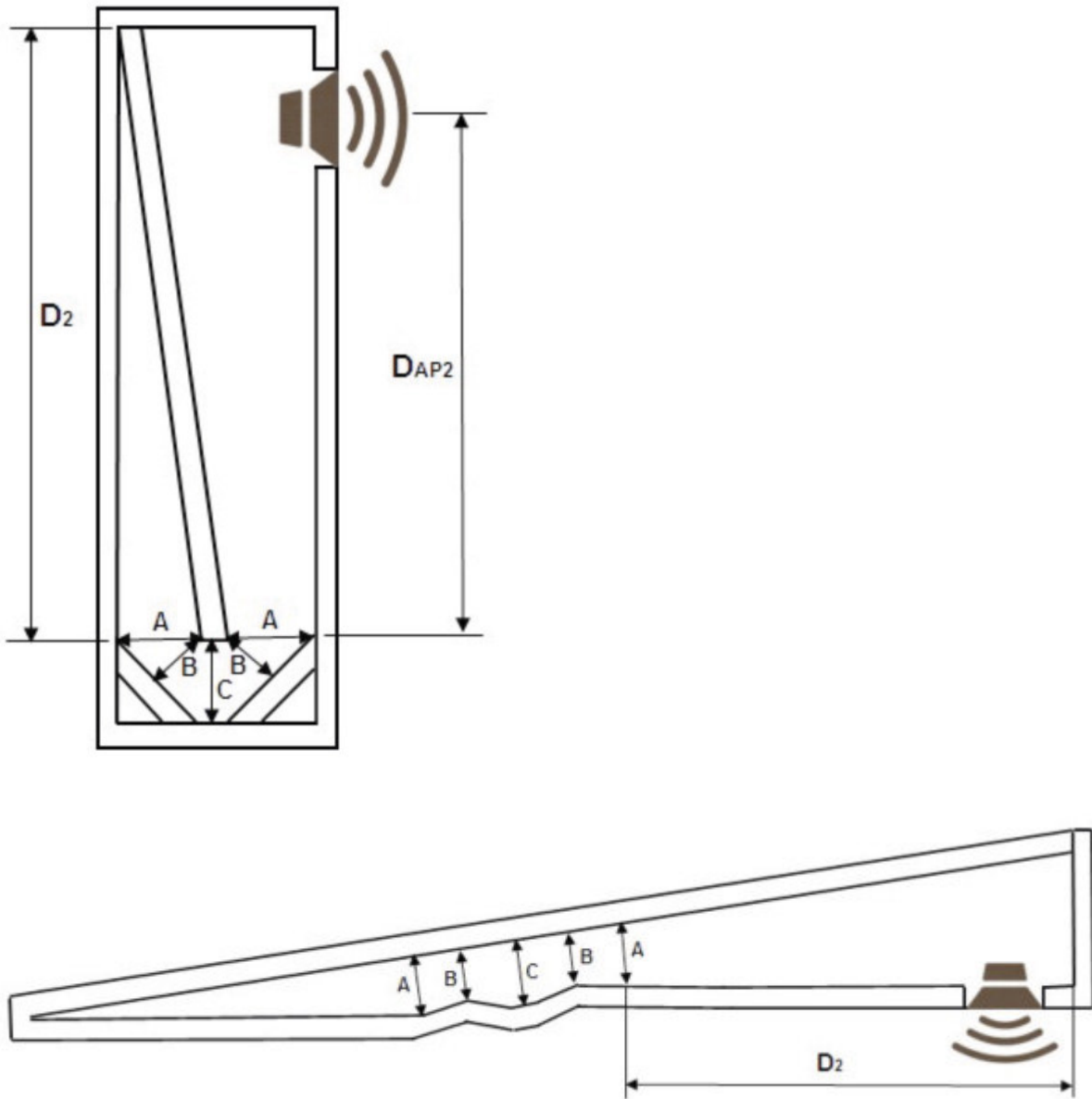


Figura 8 –  $A=11$  cm.  $B=10$  cm.  $C=12$  cm.  $D_2=79,2$  cm.  $D_{AP2}=68$  cm (disegno non in scala).

Ottenendo il risultato mostrato sia in **Figura 9a** che in **Figura 9b**.

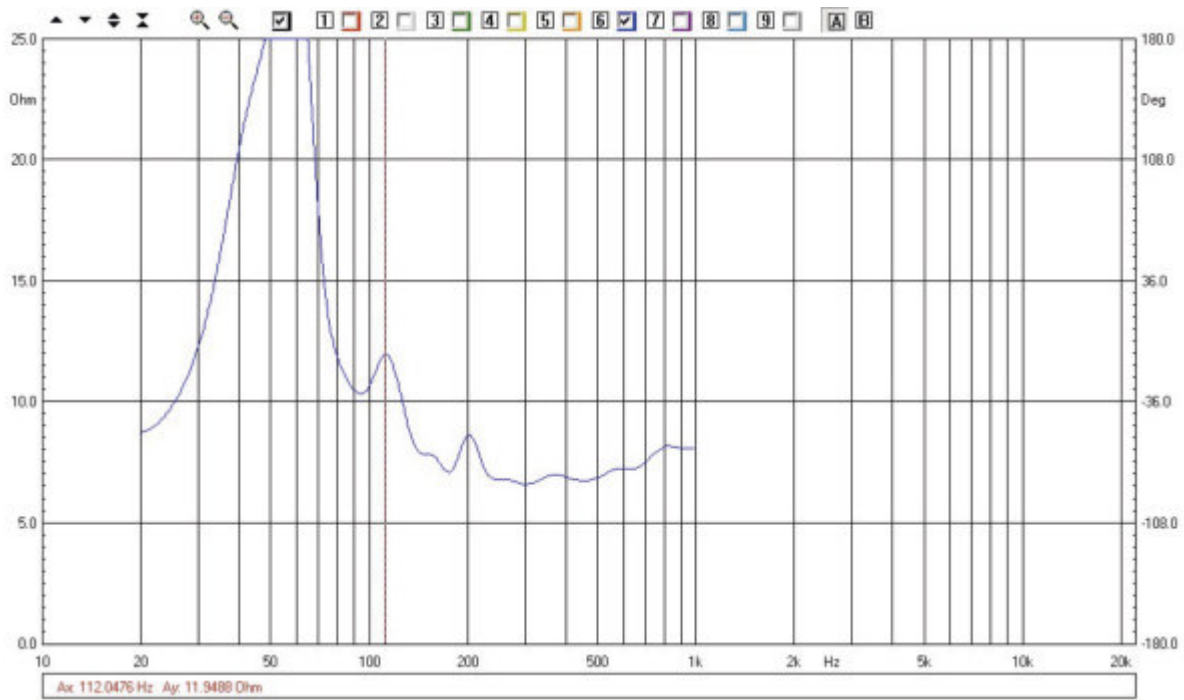


Figura 9a – Il modulo dell'impedenza relativo alla configurazione di Figura 8 mostra una risonanza alla frequenza di 112 Hz, non molto differente dai 117 previsti dai calcoli teorici.

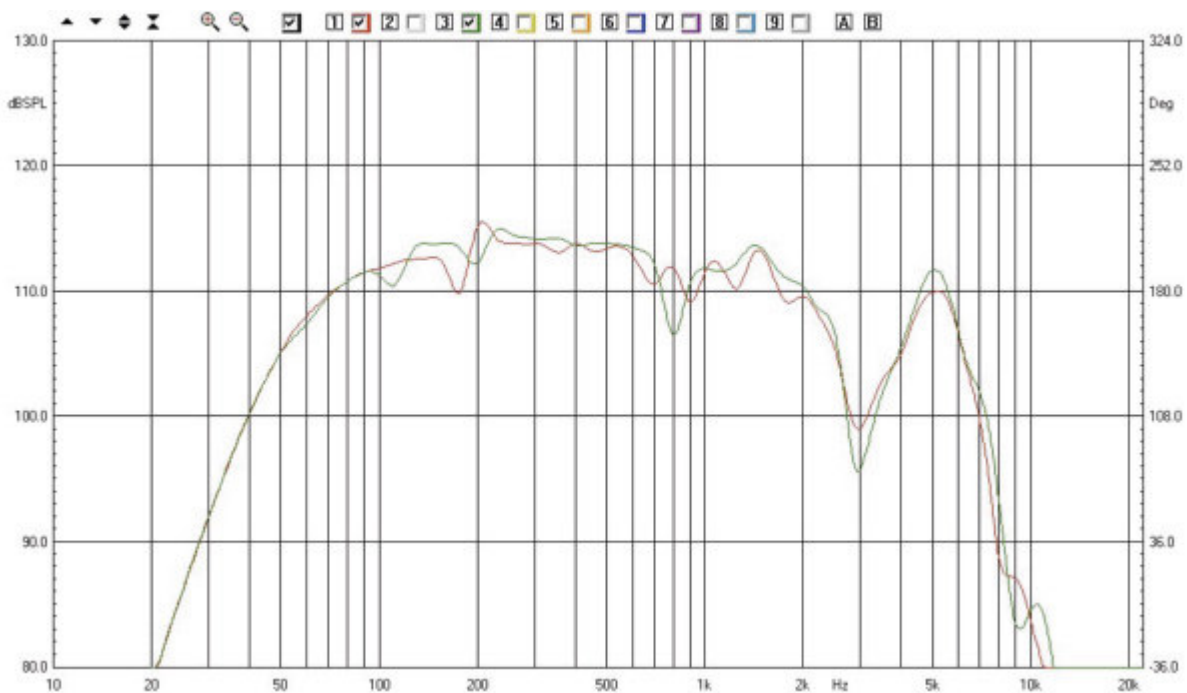


Figura 9b – La curva verde mostra una riduzione della frequenza della prima stazionaria presente nella curva verde di Figura 7. Riduzione attribuibile all'allungamento di 4 cm della tavola inclinata che, usando le stesse formule precedenti, comporterebbe in effetti una risonanza alla frequenza  $F_2 = 344 / ((D_2 + D_{AP2}) / 2 * 4) = 344 / (0,736 * 4) = 117$  Hz, invece dei precedenti 127. Oltre alla permanente stazionaria a 200 Hz presente fin dall'inizio e collegata alla distanza fra i due pannelli orizzontali superiore ed inferiore.



Una ulteriore versione che abbiamo voluto testare e che esula dal percorso fin qui seguito, è stata quella di escludere l'introduzione di una lunga tavola inclinata aggiuntiva, e di inclinare solo di  $15^\circ$  il pannello di base del mobile, ottenendo la forma di **Figura 10**.

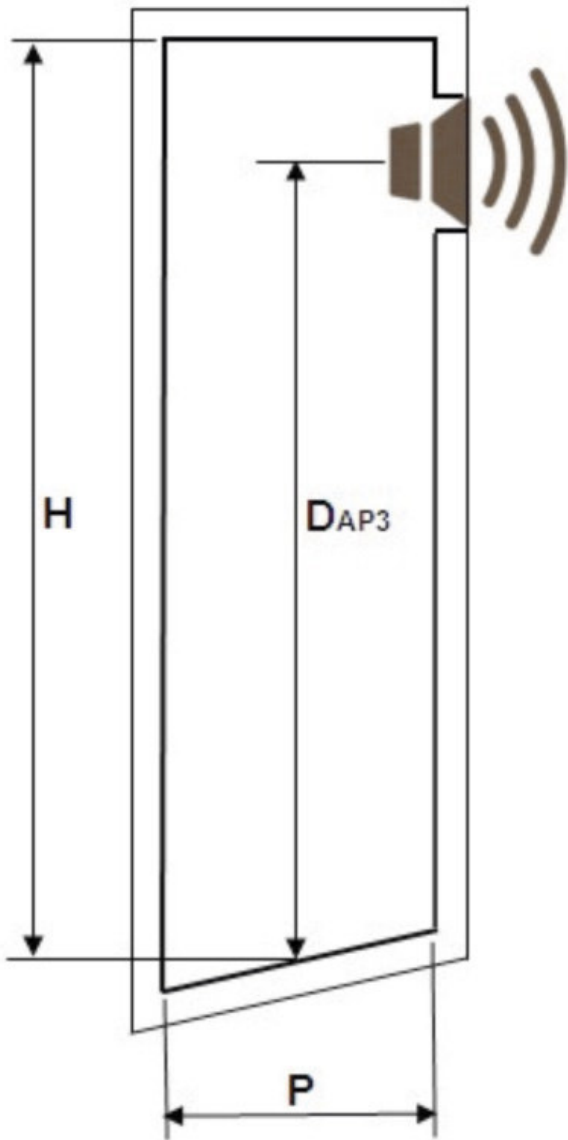


Figura 10 – Mobile parallelepipedo con il pannello di base inclinato di  $15^\circ$  (disegno non in scala).

La configurazione di Figura 10 ha fornito la risposta in frequenza riportata in **Figura 11**.

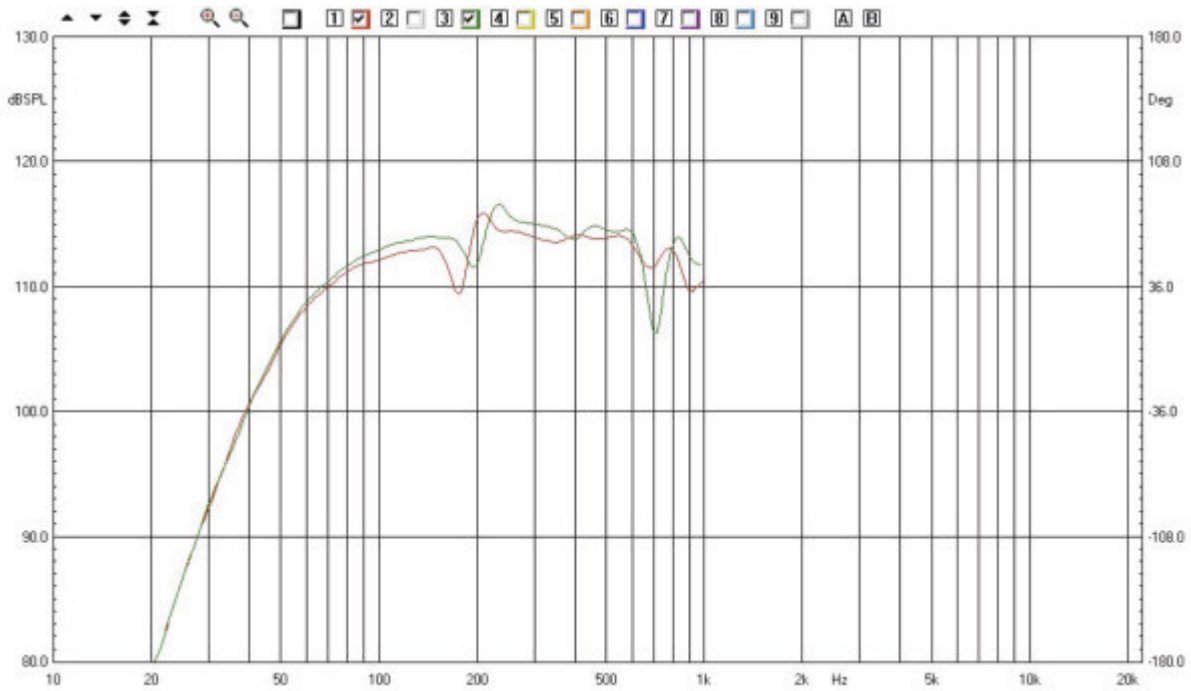


Figura 11 – Rispetto alla prestazione della configurazione di base della Figura 3, con quella di Figura 10 assistiamo ad un aumento della frequenza della prima stazionaria, che va a situarsi (curva verde) in corrispondenza alla frequenza  $F_3 = 344 / ((H + DAP3) / 2 * 2) = 344 / ((0,883 + 0,771) / 2 * 2) = 208$  Hz.

Non avendo ancora ottenuto la prestazione desiderata, ovvero la completa eliminazione di tutte le risonanze, abbiamo considerato l'uso di un foglio di assorbente acustico nella funzione di elemento dissipativo smorzante.

Inserendolo nella cassa parallelepipedica vuota, il risultato che abbiamo ottenuto è quello di **Figura 12**.

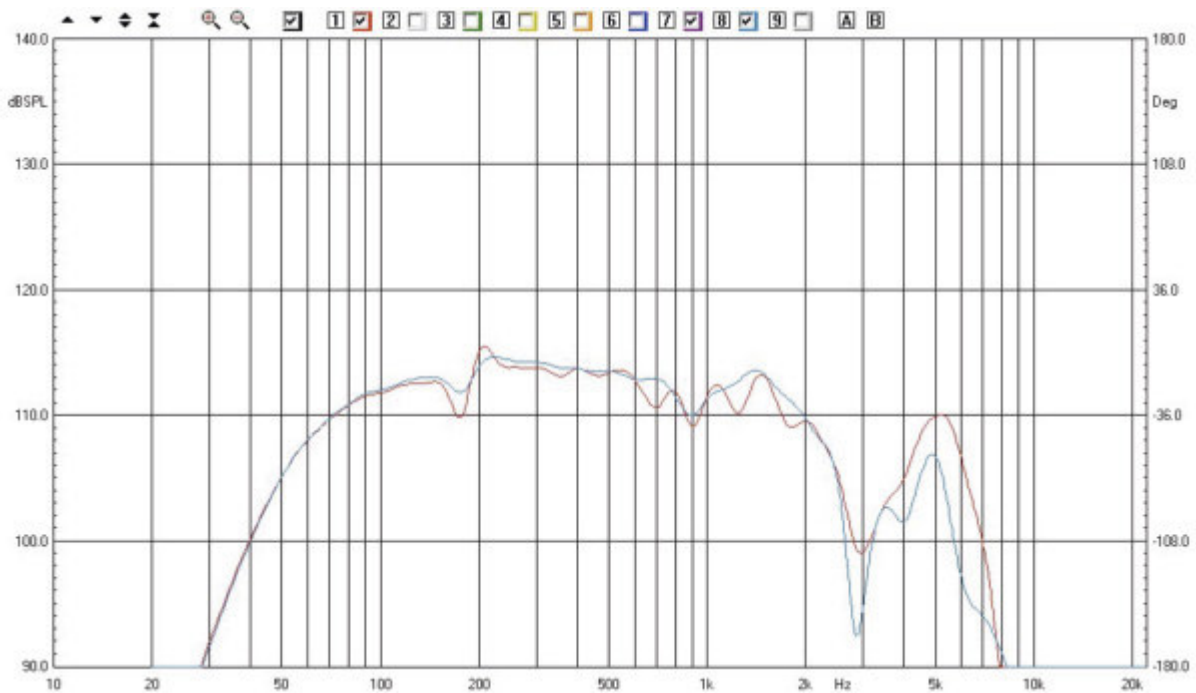


Figura 12 – Confronto fra la risposta in campo vicino rilevata nel mobile di Figura 3 senza (rossa) e con (azzurra) lana di vetro.

Visto che il risultato non era ancora ottimale, abbiamo deciso di cambiare decisamente approccio ed abbiamo diviso nettamente il mobile in due volumi a sezione triangolare. Dei quali solo uno a disposizione dell'altoparlante (**Fig. 13**).

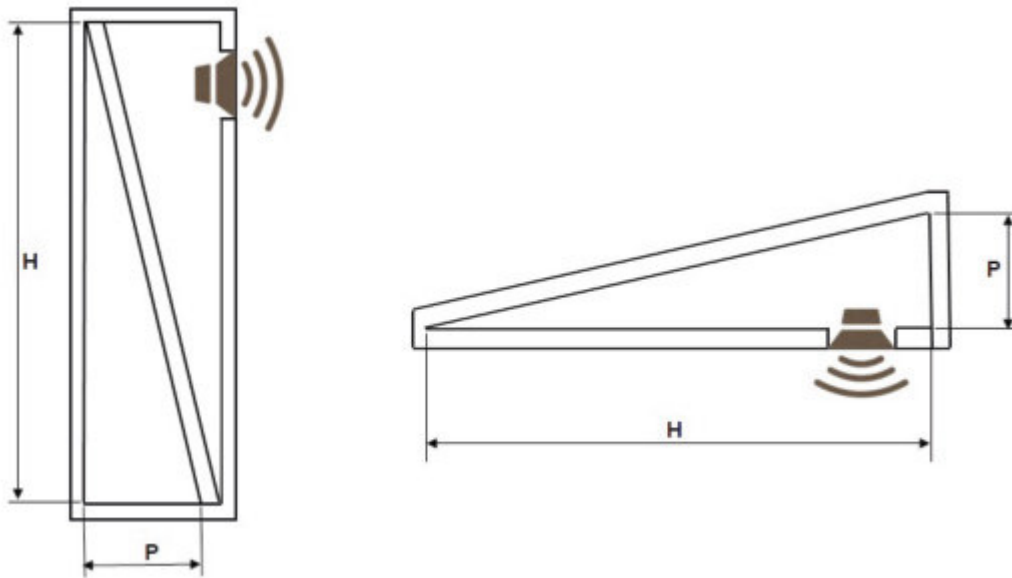


Figura 13 – Volume di carico a sezione prismatica triangolare, ottenuto dividendo in due il mobile parallelepipedo di base (Fig. 3) con una tavola inclinata congiungente lo spigolo interno posteriore alto con quello frontale inferiore. P=22 cm, H=91,4 cm, larghezza 19,4 cm (disegno non in scala).

La soluzione di **Figura 13** non è certamente senza controindicazioni dato che, a parità di volume di carico rispetto alla cassa parallelepipedica, l'ingombro risulta duplicato.

Ma, come vedremo, tale inconveniente non rende comunque questa soluzione impraticabile.

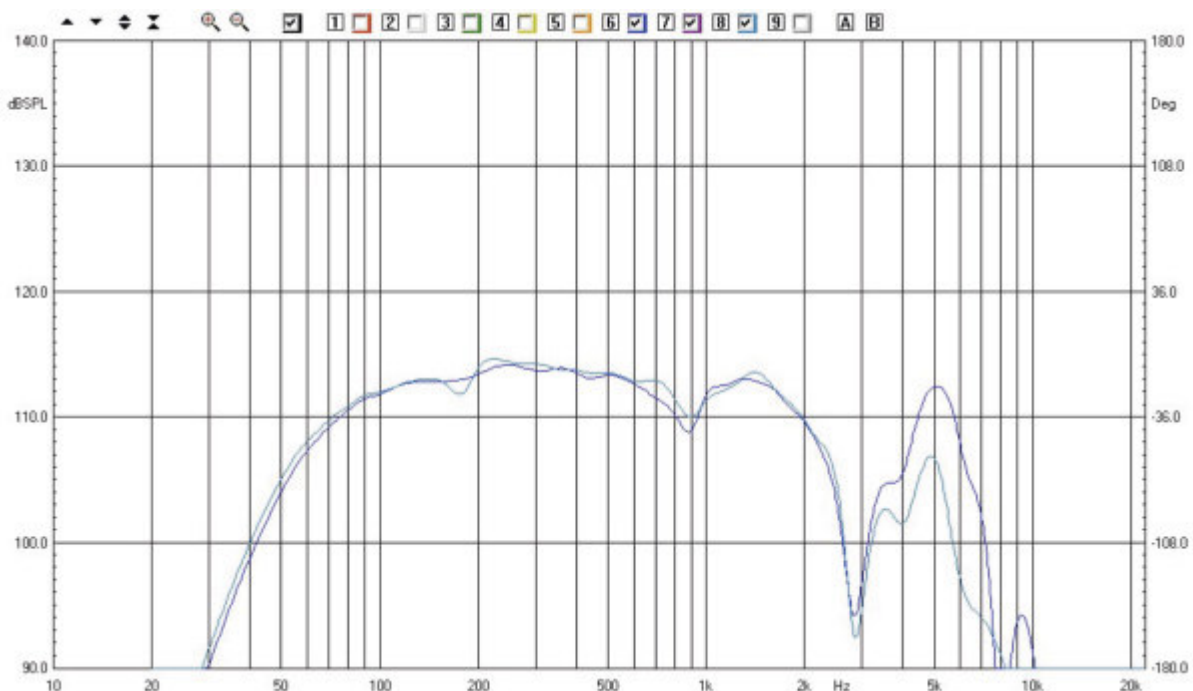


Figura 14 – Confronto fra la risposta dello stesso altoparlante nella cassa parallelepipedica di Figura 3 e in quella triangolare di Figura 13, dotate entrambe di un foglio di lana di vetro sulla superficie opposta all'altoparlante.

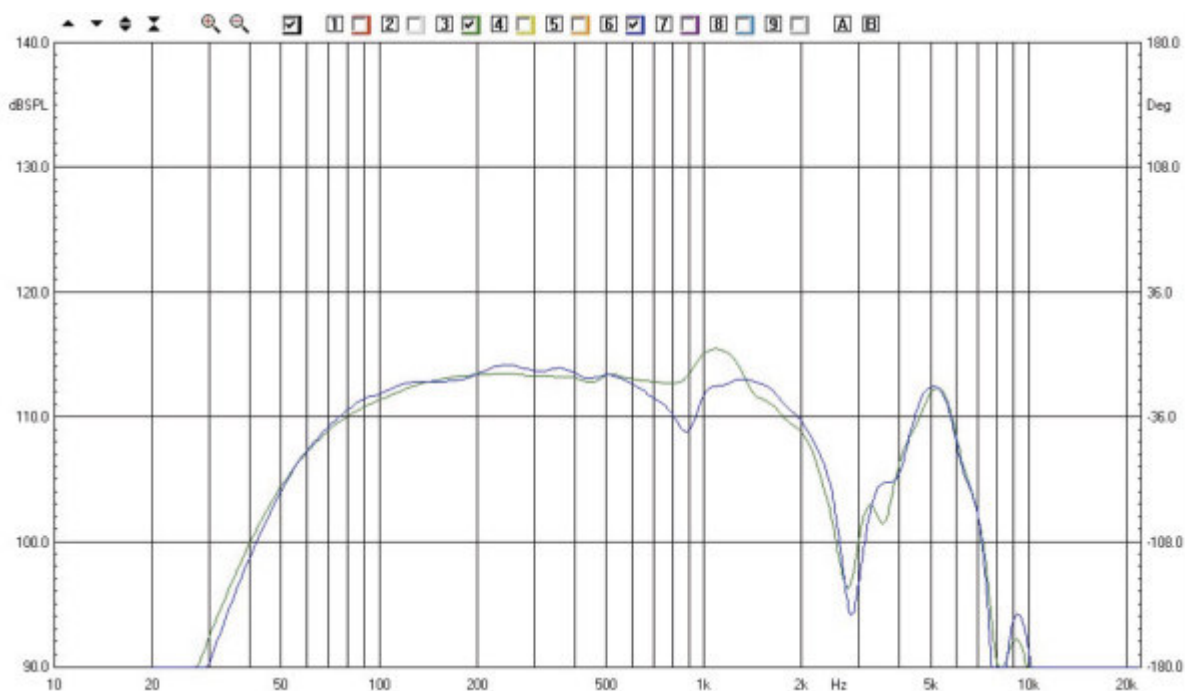


Figura 15 – La risposta verde è quella in campo vicino dell'altoparlante senza carico e quella azzurra è quella della cassa triangolare con un foglio di lana di vetro.

Per poter valutare meglio l'ultimo risultato ottenuto, eccolo confrontato in **Figura 15** con la risposta dell'altoparlante completamente privo di volume di carico (condizione che come sappiamo non è praticabile per l'uso normale, a causa del cortocircuito acustico che si instaura fra l'emissione anteriore e quella posteriore della membrana vibrante).

Vediamo ora perché abbiamo scritto che questa soluzione non è poi così controindicata. Quantomeno per l'autocostruzione.

Intanto conviene prendere atto che, mentre per i sistemi in sospensione pneumatica la quantità di lana di vetro utilizzabile in alcuni casi può anche aumentare parecchio, ed eliminare completamente anche le ultime ondulazioni residue della risposta, nel caso di sistemi accordati, quale ad esempio il bass-reflex, la possibilità di liberarsi dai rimbombi (che tali sono all'ascolto le onde stazionarie di cui abbiamo parlato) anche facendo uso di pochissimo assorbente, è una opportunità molto importante da non sottovalutare.

Passando ora al fattore ingombro, è abbastanza facile constatare che, per ottenere lo stesso volume della nostra colonna parallelepipedica di partenza utilizzando la soluzione della divisione in due prismi triangolari, per tornare allo stesso volume iniziale basta raddoppiare la profondità del mobile. Azione che l'ingombro effettivo che si deve valutare durante l'installazione dei diffusori in un qualsiasi ambiente domestico, praticamente non lo aumenta affatto.

Ma non è tutto qui, dato che la tavola aggiunta ha anche il risultato di ridistribuire le possibili risonanze meccaniche dei pannelli laterali del nostro mobile in modo tale da ridurne nettamente l'intensità e le conseguenti code sonore.

E il tutto con una costruzione non particolarmente complessa, dato che gli unici tagli non a 90° che si dovranno eventualmente praticare sono quelli relativi ai lati corti della tavola obliqua, che peraltro potrebbe anche essere montata senza adottare questa rifinitura, purché si sigellino i due volumi interni con la solita pasta ottenuta con segatura e colla vinilica. O, in modo un po' meno antico, con stucco silicico. Mentre la parte esterna del mobile manterrà invece una forma

parallelepipedo, estremamente facile da rifinire anche per il meno esperto dei Diyars nostrani.  
Buon lavoro e buoni ascolti a tutti.  
*di Renato e Marco Giussani*

da AUDIOreview n. 340 febbraio 2013